

## Gewichtungsschaltung für einen Mehrträger-Signalempfänger

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Gewichtungsschaltung für einen Mehrträger-Signalempfänger, der zum Empfang eines aus Trägersignalen bestehenden Mehrträgersignals vorgesehen ist, insbesondere für einen OFDM-Empfänger.

Bei Mehrträger-Signalübertragung wird die Dateninformation auf mehreren Trägersignalen, die unterschiedliche Trägersignalfrequenzen aufweisen, übertragen. Bekannte Mehrträger-Empfangssysteme sind DMT und OFDM (orthogonal frequency division multiplexing). Insbesondere bei Mobilfunkübertragung kommt es zu einer Aufweitung bzw. gegenseitigen Überlappung von Datensymbolen. Wenn das Delay Spread des Datenübertragungskanal im Bereich der Datensymboldauer liegt, kann es zu einer starken Intersymbol-Interferenz kommen, die eine fehlerfreie Decodierung unmöglich macht, sofern nicht entsprechende Gegenmaßnahmen, wie beispielsweise Equalizer, eingesetzt werden. Bei Anwendung mit hohen Datenübertragungsraten sind derartige Kanalverzerrungen jedoch sehr aufwendig. Durch Mehrträgerübertragung können diese Nachteile vermieden werden. Bei OFDM wird der zu übertragende Datenstrom in mehrere Teile aufgeteilt und parallel auf verschiedenen Signalträgern gesendet. Jeder Teilkanal kann seinerseits submoduliert werden. Die Datenübertragungsrate eines Trägers wird durch die Parallelisierung reduziert. Hierdurch wird die Intersymbol-Interferenz bei der Datenübertragung verringert. In dem OFDM-Empfänger erfolgt die Aufspaltung in die Unterkanäle bzw. Trägersignale. Nach Filterung, Abtastung und Demodulation werden die parallelen Daten wieder in einen seriellen Datenstrom zurückgewandelt.

Fig. 1 zeigt ein Signalspektrum bei einer Mehrträgersignalübertragung. Die Daten werden in einem Übertragungsfrequenzband übertragen, welches eine Vielzahl von Subbändern  $SB_i$

enthält. Die Subbänder  $SB_i$  weisen in der Regel dieselbe Frequenzbandbreite  $\Delta_f$  auf. Das Mehrträgersystem weist in manchen Fällen mehr als 1.000 Subbänder  $SB_i$  auf. Bei der Übertragung über frequenzselektive Mehrwegekanäle können eine oder mehrere Dämpfungs-Maxima, d.h. Amplituden-Minima, in das Übertragungsband fallen. Dabei kann sich beispielsweise ein Subband  $SB_i$  bei einem Dämpfungs-Maximum befinden, während ein anderes Subband  $SB_i$  bei einem Dämpfungs-Minimum liegt. Die Amplituden der verschiedenen Subbänder  $SB$  sind daher sehr unterschiedlich. Nahe einem Dämpfungs-Maximum ist die Amplitude des Nutzsymbols relativ klein. Wie in Fig. 1 dargestellt, weist das Subband  $SB_i$  aufgrund seines sehr hohen Dämpfungsübertragungskanal eine sehr geringe Amplitude auf.

Neben dem Nutzsymbols empfängt der Empfänger ein Grundrauschen  $N_0$ , welches im wesentlichen über das gesamte Übertragungsfrequenzband konstant ist, und externe Störsignale. Bei diesen externen Störsymbolen kann es sich beispielsweise um Signale von anderen Signalquellen oder Fernsehsignale handeln. Die externen Störsignale  $NF$  überlagern sich dem Grundrauschen  $N_0$  zu einem Summenstörsymbol, wie in Fig. 1 dargestellt ist.

Das Empfangssymbol des Empfängers setzt sich wie folgt zusammen:

$$E = N_0 + NF(f) + S(f) \quad (1)$$

wobei  $N_0$  ein weitgehend gleich verteiltes Grundrauschen,  $NF(f)$  ein frequenzabhängiges Störsymbol, und  $S(f)$  das Nutzsymbols darstellt.

Fig. 2 zeigt einen Mehrträger-Signalempfänger nach dem Stand der Technik.

Der Empfänger enthält einen Tuner zur Abstimmung auf das Empfangssymbol, einen nachgeschalteten Anti-Alias-Filter AAF und einen Analog-Digital-Wandler zur Umwandlung des empfangen-

nen analogen Signals in ein digitales Empfangssignal. Am Ausgang des Analog-Digital-Wandlers wird das digitale Empfangssignal einerseits einer Subtrahierschaltung SUB und einer Schätzeinheit zugeführt. Die Schätzeinheit berechnet das Summenstörsignal. Das geschätzte Summenstörsignal wird von dem Eingangssignal E durch die Subtrahiereinheit SUB abgezogen, so dass im Idealfall nur noch ein ungestörtes Nutzsignal S übrig bleibt und weiterverarbeitet wird. Die Schätzeinheit gemäß Fig. 2 führt eine Kreuzkorrelation zwischen dem Ausgangssignal des ADC und einem oder mehreren zu erwartenden Störsignalen durch.

Bei einem OFDM-Empfänger nach dem Stand der Technik sind die Daten symbolweise aneinandergereiht und durch das Guard-Intervall voneinander getrennt. In der Regel tritt zwischen den Datensymbolen ein nicht bekannter Phasensprung auf. Demzufolge ermittelt die Schätzeinheit, um das Schätzsignal phasenrichtig zu subtrahieren, einen ersten Kreuzkorrelationswert zwischen dem Empfangssignal und einem zu erwartenden, gespeicherten Störsignal sowie einen zweiten Kreuzkorrelationswert zwischen dem Empfangssignal und dem um  $90^\circ$  phasenverschobenen zu erwartenden Störsignal. Anschließend wird basierend auf den Kreuzkorrelationswerten durch die Schätzeinheit die Phase des Störsignals berechnet. Die Berechnung dieser Phase ist stark fehleranfällig.

Ein Nachteil des herkömmlichen Mehrträger-Signalempfängers, wie er in Fig. 2 dargestellt ist, besteht darin, dass die Schätzung des Störsignals nach Betrag und Phase erfolgen muss und somit schwierig und fehleranfällig ist. Die Schätzung des Störsignals wird sehr ungenau, wenn die Varianz des Schätzergebnisses Messzeit relativ hoch ist, z. B. weil die zur Verfügung stehende Messzeit zu kurz ist.

Je größer die Abweichung des geschätzten Störsignals von dem tatsächlich auftretenden Störsignal ist, desto mehr steigt

die Bit-Fehlerrate BFR des von dem Kanaldecodierer abgegebenen empfangenen Datenstroms an.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Empfangsqualität eines Mehrträger-Signalempfängers zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Gewichtungsschaltung für einen Mehrträger-Signalempfänger mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Erfindung schafft eine Gewichtungsschaltung für einen Empfänger, der zum Empfang eines aus mehreren Trägersignalen bestehenden Mehrträgersignals vorgesehen ist, wobei die Gewichtungsschaltung die Trägersignale idealerweise derart gewichtet, dass die Störsignalenergie bei allen gewichteten Trägersignalen gleich groß ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung weist diese mindestens einen Multiplizierer auf, der ein zugehöriges Trägersignal mit einem gespeicherten Gewichtungskoeffizienten multipliziert.

Die gespeicherten Gewichtungskoeffizienten stellen Zuverlässigkeitsinformationen für die verschiedenen Trägersignale dar. Je stärker ein Unterträger- bzw. ein Trägersignal gestört ist, desto geringer ist die zugeordnete Zuverlässigkeit bzw. der Gewichtungskoeffizient. Ein stark gestörter Unterträger bzw. ein stark gestörtes Trägersignal wird mit einem kleineren Gewichtungskoeffizient gewichtet als ein weniger stark gestörtes Trägersignal.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist die Gewichtungsschaltung einen Speicher auf, der mehrere Gewichtungskoeffizientensätze  $G_i$  speichert, die jeweils mehrere Gewichtungskoeffizienten  $g_i$  umfassen.

Der Speicher ist vorzugsweise über ein Interface programmierbar.

Hierdurch ist es möglich, die Gewichtungskoeffizienten an die Übertragungseigenschaften des Datenübertragungskanal anzupassen.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Gewichtungsschaltung einen Selektor auf, der einen bestimmten Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$  der in dem Speicher abgespeicherten Gewichtungskoeffizientensätze selektiert.

Dabei selektiert der Selektor vorzugsweise einen Gewichtungskoeffizientensatz in Abhängigkeit von einer erwarteten Störsignalenergie.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform selektiert der Selektor einen Gewichtungskoeffizientensatz zusätzlich in Abhängigkeit von einem gemittelten Frequenz-Offset zwischen dem Maximum des Störsignalspektrums und dem nächstgelegenen Trägersignal des Mehrträgersignals.

Das Mehrträgersignal wird vorzugsweise durch eine Berechnungsschaltung in die Trägersignale zerlegt.

Bei der Berechnungsschaltung handelt es sich vorzugsweise um eine Fast Fourier-Transformationsschaltung.

Die durch die Berechnungsschaltung zerlegten Trägersignale werden vorzugsweise in einem Zwischenspeicher für die anschließende Multiplikation zwischengespeichert.

Bei einer ersten Ausführungsform ist die erwartete Störsignalenergie extern einstellbar.

Bei einer alternativen Ausführungsform wird die erwartete Störsignalenergie durch eine Schätzeinheit basierend auf dem empfangenen Mehrträgersignal berechnet.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung sowie weitere erfindungswesentliche Merkmale werden im weiteren unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.

Es zeigen:

- Fig. 1      ein Signalspektrum eines Empfangssignals;
- Fig. 2      einen Mehrträger-Signalempfänger nach dem Stand der Technik;
- Fig. 3      einen Mehrträger-Signalempfänger, der eine erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung gemäß einer ersten Ausführungsform enthält;
- Fig. 4      einen Mehrträger-Signalempfänger, der eine erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung gemäß einer zweiten Ausführungsform enthält;
- Fig. 5      einen Mehrträger-Signalempfänger, der eine erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung gemäß einer dritten Ausführungsform enthält;
- Fig. 6      einen Mehrträger-Signalempfänger, der eine erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung gemäß einer vierten Ausführungsform enthält.
- Fig. 7      eine Tabelle des Speicherinhaltes eines programmierbaren Speichers bei der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung;

- Fig. 8 ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung;
- Fig. 9a die Amplitudenverteilung eines Mehrträgersignals am Signaleingang einer erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung;
- Fig. 9b die Amplitudenverteilung des in Fig. 9a dargestellten Mehrträgersignals am Ausgang der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung;
- Fig. 10 ein Signalspektrum zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung.

Fig. 3 zeigt einen Mehrträger-Signalempfänger 1, der eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung enthält. Der Mehrträger-Signalempfänger 1 enthält einen Tuner 2 zur Abstimmung auf das Empfangssignal, wobei dem Tuner 2 ein Anti-Alias-Filter 3 nachgeschaltet ist. Das gefilterte Empfangssignal wird durch einen Analog-Digital-Wandler 4 in ein digitales Empfangssignal umgewandelt und einer Berechnungsschaltung 5 zugeführt. Die Berechnungsschaltung 5 zerlegt das empfangene digitale Mehrträgersignal in verschiedene Trägersignale, die unterschiedliche Trägersignalfrequenzen  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$  aufweisen. Die Berechnungsschaltung 5 ist vorzugsweise eine Filterbank, insbesondere Fast Fourier-Transformationsschaltung (FFT). Die Amplituden der Trägersignale werden über Leitungen 6-1, 6-2, 6-3, ..., 6-N einer Multiplizierschaltung 7 mit einer entsprechenden Anzahl von Multiplizierern 7-1, 7-2, 7-3, ..., 7-N zugeführt. Die Multiplizierer 7-i multiplizieren das jeweilige Trägersignal mit einem Gewichtungsfaktor  $g_i$ , der über eine zugehörige Leitung 8-i aus einem programmierbaren Speicher 9 ausgelesen wird. Die gewichteten Trägersignale werden über Leitungen 9-i einem Kanaldecodierer 10 zugeführt, der die gewichteten Trägersignale decodiert und zu einem digitalen Datenstrom zur weiteren Datenverarbeitung

zusammensetzt. Der Kanaldecodierer 10 ist vorzugsweise ein Viterbi-Dekoder dem oft ein Reed-Solomon Dekoder nachgeschaltet ist. Der Kanaldecodierer 10 gibt den seriellen digitalen Datenstrom über eine Leitung 11 zur weiteren Datenverarbeitung ab.

Der programmierbare Speicher 9 ist über eine Interface-Schaltung 12 extern programmierbar. Die Interface-Schaltung 12 ist über interne Datenleitungen 13 mit dem programmierbaren Speicher 9 verbunden. In dem programmierbaren Speicher 9 befinden sich mehrere Gewichtungskoeffizientensätze  $G_i$ , wie beispielsweise in Fig. 7 schematisch dargestellt ist. Jeder Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$  enthält eine Vielzahl von Gewichtungskoeffizienten  $g_i$ , wobei die Anzahl  $N$  der Gewichtungskoeffizienten kleiner oder gleich der Anzahl der Subbänder  $SB$  innerhalb des Übertragungsfrequenzbandes entspricht. Die Anzahl  $N$  der verschiedenen Gewichtungskoeffizientensätze  $G_i$  ist wählbar und beträgt beispielsweise acht. Der programmierbare Speicher 9 ist über Adressleitungen 14 mit einem Selektor 15 verbunden. Der Selektor 15 selektiert einen bestimmten Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$  aus einer Mehrzahl von  $M$ -verschiedenen Gewichtungskoeffizientensätzen, die innerhalb des Speichers 9 abgespeichert sind. Dazu generiert der Selektor 15 eine Adresse zur Selektion des entsprechenden Gewichtungskoeffizientensatzes  $G$ .

Bei der in Fig. 3 dargestellten ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung wird der Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$  in Abhängigkeit von einer erwarteten Störsignalenergie selektiert, wobei bei der in Fig. 3 dargestellten ersten Ausführungsform die erwartete Störsignalenergie  $EP_{\text{Stör}}$  extern über eine Leitung 16 eingestellt wird. Die Störsignalenergie ist proportional zum Quadrat der Amplitude des Summenstörsignals, welches sich aus dem Grundrauschen  $N_0$  und externen Störsignalen zusammensetzt. Die erwartete Störsignalenergie  $EP_{\text{Stör}}$  wird über einen Einstelleingang 17 angelegt. Die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewich-



tungsschaltung 18 umfasst die Multiplizierschaltung 7 zur Multiplikation der Trägersignale mit den ausgewählten Gewichtungskoeffizienten, den programmierbaren Speicher 9 mit der zugehörigen Interface-Schaltung 12 sowie den Selektor 15 zur Selektion des Gewichtungskoeffizientensatzes.

Fig. 4 zeigt einen Mehrträger-Signalempfänger 1, der eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 enthält. Entsprechende Bauteile sind mit entsprechenden Bezugszeichen versehen.

Bei der in Fig. 4 dargestellten zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung führt der Selektor 15 die Selektion des Gewichtungskoeffizientensatzes  $G_i$  nicht nur in Abhängigkeit von der eingestellten Störsignalenergie  $EP_{\text{Stör}}$ , sondern auch in Abhängigkeit von einem gemittelten Frequenz-Offset durch. Die Gewichtungsschaltung 18 enthält hierzu zusätzlich Trägerfrequenzdetektoren 19-1, 19-2, ..., 19-N, die über Leitungen 20-1, 20-2, ..., 20-N mit den Ausgangsleitungen 6-1, 6-2, ..., 6-N verbunden sind. Die Trägerfrequenzdetektoren 19- $i$  ermitteln für jedes Trägersignal dessen tatsächliche Trägerfrequenz  $f_i$  und geben die Abweichung bzw. den Offset  $\Delta_{f_i}$  zwischen der aktuellen bzw. tatsächlichen Trägerfrequenz  $f_i$  und der Soll-Frequenz  $f_{\text{soll}}$  für dieses Trägersignal über eine zugehörige Ausgangsleitung 21- $i$  an eine Offset-Mittelungsschaltung 22 ab. Derartige Trägerfrequenzdetektoren 19- $i$  werden in „Digital Communications Receivers“ von Heinrich Meyr, Stephan, A. Fechtel in John Wiley and Sons, 1998, Kapitel 8 (S. 445-504) beschrieben. Die Offset-Mittelungsschaltung 22 berechnet einen Mittelwert  $f_{\text{OFFSET-mittel}}$  aller ermittelten Frequenz-Offsets der verschiedenen Trägersignale. Die Offset-Mittelungsschaltung 22 ist vorzugsweise ein Proportional-Integral-Berechnungselement. Die Mittelungszeit ist dabei vorzugsweise einstellbar.

Fig. 10 zeigt das Spektrum eines OFDM-Empfangssignals mit einem sinusförmigen Störsignal. Das nicht-orthogonale sinus-

förmige Störsignal liegt, wie in Fig. 10 erkennbar, außerhalb des Rasters des empfangenen OFDM-Signals, welches eine Vielzahl von Trägersignalen mit Trägerfrequenzen  $f_i$  umfasst. Durch die Demodulation des OFDM-Signals mittels der Fast Fourier-Transformationsschaltung 5 wird die Energie des Störsignals auf die umliegenden Subträger bzw. Trägersignale verteilt, wobei die Dämpfung von dem Unterträger und von der Störfrequenz abhängt. Die an den Ausgangsleitungen 6- $i$  der Fast Fourier-Transformationsschaltung 5 auftretenden Störungen werden durch die erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung 18 für eine festgelegte Anzahl von Trägersignalen derart abgesenkt, dass ein vorher bestimmter Rauschpegel eingestellt wird.

Der Energiepegel des Summenstörsignals, das sich aus einem externen Störsignal und dem Rauschen zusammensetzt, ergibt sich zu:

$$EP_{\text{Stör}} = 10 \cdot \log[10^{0,1 \cdot N_0} + 10^{0,1 \cdot NF}] \text{ in dB} \quad (2)$$

wobei der Energiepegel des Summenstörsignals  $EP_{\text{Stör}}$  von dem externen Störsignal  $NF$  und dem Hintergrundrauschen  $N_0$  abhängt.

Der Gewichtungskoeffizient  $g_i$  wird in Abhängigkeit von der erwarteten Störsignalenergie  $EP_{\text{Stör}}$  wie folgt berechnet:

$$g_i = 10^{-EP_{\text{Stör}}/20} \quad (3)$$

wird beispielsweise das Rauschen auf null Dezibel normiert und ist das Störsignal nach der Fast Fourier-Transformation auf einem Subträger 10 dB stärker als das Rauschsignal, so beträgt die Gesamtenergie  $EP_{\text{Stör}}$  von Störsignal und Rauschen gemäß Gleichung (2):  $10 \cdot \log[10^0 + 10^{0,1 \cdot 10}] = 10,414 \text{ dB}$ .

Daraus berechnet sich der Gewichtungsfaktor  $G_i$  zu  $10^{(-10,414:20)} = 0,3015$ .

Bei der Realisierung der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 wird ein Gewichtungssatz  $G_i$ , der aus geeignet dimensionierten Gewichtungskoeffizienten  $g_i$  besteht, im voraus berechnet und in den Speicher 9 über die Interface-Schaltung 12 eingeschrieben. Die durch den Selektor 15 selektierten Gewichtungskoeffizienten werden durch die Multiplizierschaltung 7 mit den Trägersignalen multipliziert. Dabei können die Amplituden der verschiedenen Trägersignale, entweder wie in Fig. 4 dargestellt, vor der Multiplikation durch einen Zwischenspeicher 24, der verschiedene Latch-Bauelemente 24'i umfasst, zwischengespeichert oder die ausgelesenen Gewichtungskoeffizienten werden zur Multiplikation mit dem nächsten Block aus N-bestehenden Trägersignal-Amplituden, die von der FFT-Schaltung 5 abgegeben werden, eingesetzt.

Fig. 5 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18.

Bei dieser Ausführungsform führt der Selektor 15 die Selektion des Gewichtungskoeffizientensatzes  $G_i$  innerhalb des Speichers 9 nicht in Abhängigkeit von einer erwarteten extern eingestellten Störsignalenergie aus, sondern in Abhängigkeit von einer geschätzten Störsignalenergie, die durch eine Schätzeinheit 25 ermittelt wird. Die Schätzeinheit 25 ist über eine Leitung 26 hinter dem Analog-Digital-Wandler 4 angeschlossen und berechnet basierend auf dem empfangenen digitalen Mehrträgersignal einen maximalen Störsignalpegel. Die Schätzeinheit 25 führt eine erste Kreuzkorrelation zwischen dem an dem Ausgang des ADC 4 anliegenden Empfangssignal und mit mindestens einem zu erwartenden Störsignal zur Berechnung eines ersten Kreuzkorrelationswertes  $k_1$  und eine zweite Kreuzkorrelation zwischen dem Empfangssignal und einem um  $90^\circ$  phasenverschobenen zu erwartenden Störsignal zur Berechnung eines zweiten Kreuzkorrelationswertes  $k_2$  durch. Basierend auf den beiden Kreuzkorrelationswerten  $k_1$ ,  $k_2$  wird die Energie

der aktuellen Störung des Empfangssignals durch die Schätzeinheit berechnet,

$$E_{\text{Stör}} \sim k_1^2 + k_2^2$$

In der Schätzeinheit 25 sind vorzugsweise mehrere zu erwartende Störsignale, beispielsweise zueinander frequenzverschobene Störsignale abgespeichert. Die zu erwartenden Störsignale sind alternativ in ihrer Signalform unterschiedlich, um so Störsignale von unterschiedlichen Signalquellen bzw. Signalverfälschungen nachzubilden. Die Schätzeinheit 25 gibt an den Selektor 15 die berechnete maximale Störsignalenergie  $E_{\text{Stör max}}$  über eine Leitung 26 und die zugehörige Störsignalzuordnungsnummer über eine Leitung 27 ab, wobei die Störsignalzuordnungsnummer das zugehörige Störsignal angibt.

Der Selektor 15 selektiert in Abhängigkeit von der Störsignalzuordnungsnummer, die die Art des Störsignals bzw. diese Signalform angibt, und der berechneten Störsignalenergie einen Gewichtungskoeffizientensatz.

Fig. 6 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 bei der die Daten seriell verarbeitet werden. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform umfasst die Gewichtungsschaltung 18 lediglich einen Multiplizierer 7. Die von der Berechnungsschaltung 5 ermittelten Amplituden der verschiedenen Trägersignale werden bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform seriell ausgelesen und in dem Zwischenspeicher 24 zwischengespeichert. Ein Trägerfrequenzselektor 19 ermittelt die aktuelle Trägerfrequenz des Trägersignals und speichert die Abweichung von dem Soll-Wert in einem Zwischenspeicher der Mittelungsschaltung 22 ab. Beträgt die Anzahl der Subbänder beispielsweise 1.024, werden in dem Zwischenspeicher 24 1.024 Amplituden der verschiedenen Trägersignale zwischengespeichert und in dem Zwischenspeicher der Mittelungsschaltung 22 werden 1.024 Sequenzabweichungen nacheinander eingeschrieben, die durch die Offset-

Mittlungsschaltung 22 gemittelt werden. Dabei wird vorzugsweise ein rollender Mittelwert über die letzten  $1024 \cdot K$ -Trägersignale berechnet. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist dabei die Anzahl  $K$  einstellbar. Die im Zwischenspeicher 24 zwischengespeicherten Amplituden der verschiedenen Trägersignale werden seriell ausgelesen und mit den ebenfalls seriell ausgelesenen zugehörigen Gewichtungskoeffizienten  $G_i$  durch den Multiplizierer 7 gewichtet. Die in Fig. 6 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 bietet den Vorteil, dass lediglich ein Multiplizierer 7 vorgesehen ist, so dass der schaltungstechnische Aufwand zur Realisierung der Gewichtungsschaltung 18 gering ist.

Fig. 8 ist ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung.

Nach einem Start  $S_0$  wird durch den Empfänger in einem Schritt  $S_1$  das Mehrträgersignal empfangen und mittels des Tuners 2, des Anti-Alias-Filters 3 und des Analog-Digital-Wandlers 4 in ein digitales Trägersignal umgewandelt.

Die Berechnungsschaltung 5 zerlegt das Mehrträgersignal in einem Schritt  $S_2$  in  $N$ -verschiedene Unterträger bzw. Trägersignale, die verschiedene Trägersignalfrequenzen  $f_i$  aufweisen. Die Zerlegung erfolgt vorzugsweise mittels einer Fast Fourier-Transformation. Die Amplituden werden vorzugsweise in einem Schritt  $S_3$  in einem Zwischenspeicher 24 zwischengespeichert. In einem weiteren Schritt  $S_4$  ermittelt der Trägerfrequenzselektor 19 die Frequenz-Offsets der verschiedenen Trägersignale.

Bei einem weiteren Schritt  $S_5$  berechnet die Offset-Mittlungsschaltung einen arithmetischen Mittelwert der von den Trägerfrequenzselektoren abgegebenen Frequenz-Offsets.

In einem Schritt  $S_6$  selektiert der Selektor 15 in Abhängigkeit von der erwarteten Störsignalenergie und dem gemittelten Frequenz-Offset den geeigneten Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$ , der eine Vielzahl (N) von Gewichtungskoeffizienten  $g_i$  umfasst. Der selektierte Gewichtungskoeffizientensatz  $G_i$  wird im Schritt  $S_7$  ausgelesen, wo bereits die Gewichtungskoeffizienten mittels der Multiplikatoren  $7-i$  mit den jeweiligen Mehrträgersignalen zu deren Gewichtung multipliziert werden.

Anschließend erfolgt im Schritt  $S_8$  eine Kanaldecodierung mittels des Kanaldecodierers 10.

Der Vorgang endet im Schritt  $S_9$ .

Fig. 9a zeigt beispielhaft drei Trägersignale mit unterschiedlichen Trägersignalfrequenzen  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  an den Leitungen 6-1, 6-2, 6-3, die durch die erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung 18 gewichtet werden. Die Energie der verschiedenen Trägersignale ist proportional zum Quadrat der Amplituden der Trägersignale. Bei dem in Fig. 9a dargestellten Beispiel weist das erste Trägersignal mit der Trägersignalfrequenz  $f_1$  eine vergleichsweise hohe Nutzsignalenergie  $S_1$  und eine geringe Störsignalenergie  $N_1$  auf. Die Störsignalenergie  $N_1$  setzt sich aus der Energie des Grundrauschens  $N_0$  und externer Störsignale NF zusammen. Das zweite Mehrträgersignal bei der Trägersignalfrequenz  $f_2$  weist bei dem dargestellten Beispiel die gleiche Gesamtenergie wie das erste Trägersignal auf, jedoch ist bei dem zweiten Trägersignal der Anteil der Störsignalenergie  $N_2$  erheblich höher. Entsprechend ist die Signalenergie  $S_2$  des zweiten Trägersignals geringer. Fig. 9a zeigt beispielhaft die Energie eines dritten Trägersignals, dessen Störsignalenergie genauso hoch ist wie die Störsignalenergie  $N_1$  des ersten Trägersignals.

Fig. 9b zeigt die gewichteten Trägersignale an den Ausgangsleitungen  $9-i$  der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18. Durch die erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung 18 werden die

drei Trägersignale derart gewichtet, dass die Störsignalenergie  $N_1$  des gewichteten ersten Trägersignals, die Störsignalenergie  $N_2$  des zweiten gewichteten Trägersignals und die Störsignalenergie  $N_3$  des dritten gewichteten Trägersignals gleich groß sind. Wie man aus Fig. 9b erkennen kann, wird das Trägersignal 2, welches einen relativ geringen Anteil der Nutzsignalenergie an der Gesamtsignalenergie aufweist, geringer gewichtet als das Trägersignal 1, bei dem das Verhältnis zwischen der Nutzsignalenergie  $S_1$  und der Störsignalenergie  $N_1$  wesentlich günstiger bzw. größer ist. Hat am Eingang der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 das Trägersignal 2 noch das gleiche Gewicht wie das Trägersignal 1, so erscheint am Ausgang der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 das Trägersignal 2 auf das Gewicht des Trägersignals 3 abgesenkt. Bei der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 wird das Trägersignal mit dem höheren Signal-/Rausch-Verhältnis SNR stärker gewichtet als Trägersignale mit einem geringeren Signal-/Rausch-Verhältnis SNR. Die gestörten Trägersignale bzw. Unterträger werden durch die erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung als weniger zuverlässig bewertet als die schwach gestörten Trägersignale bzw. Unterträger. Durch die erfindungsgemäße Gewichtungsschaltung 18 wird das Ausgangsstörprofil über alle Unterträger hinweg geglättet. Aufgrund der erfindungsgemäßen Gewichtungsschaltung 18 sinkt die Bit-Fehler-rate BFR des Datenstroms am Ausgang des Kanaldecodierers 10 erheblich, so dass die Empfangsqualität des Empfängers 1 insgesamt stark verbessert wird.

## Bezugszeichenliste

1	Empfänger
2	Tuner
3	Anti-Alias-Filter
4	Analog-Digital-Wandler
5	Berechnungsschaltung
6	Leitungen
7	Multiplizierer
8	Leitungen
9	Speicher
10	Kanaldecodierer
11	Ausgangsleitung
12	Interface
13	Programmierleitungen
14	Adressleitungen
15	Selektor
16	Einstellleitung
17	Einstelleingang
18	Gewichtungsschaltung
19	Trägerfrequenzdetektor
20	Leitung
21	Leitung
22	Offset-Mittlungsschaltung
23	Leitung
24	Zwischenspeicher
25	Schätzeinheit
26	Leitung
27	Leitung



## Patentansprüche

1. Gewichtungsschaltung für einen Empfänger (1), der zum Empfang eines aus Trägersignalen bestehenden Mehrträgersignals vorgesehen ist,

wobei die Gewichtungsschaltung (18) die Trägersignale derart gewichtet, dass die Störsignalenergie bei allen gewichteten Trägersignalen gleich groß ist.

2. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Gewichtungsschaltung (18) mindestens einen Multiplizierer ( $7-i$ ) aufweist, der ein zugehöriges Trägersignal mit einem gespeicherten Gewichtungskoeffizienten ( $g_i$ ) multipliziert.

3. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Gewichtungsschaltung (18) einen Speicher aufweist, der mehrere Gewichtungskoeffizientensätze ( $G_i$ ) speichert, die jeweils mehrere Gewichtungskoeffizienten ( $g_i$ ) umfassen.

4. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Speicher (9) über ein Interface programmierbar ist.

5. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Gewichtungsschaltung (18) einen Selektor (15) aufweist, der einen der in dem Speicher abgespeicherten Gewichtungskoeffizientensätze ( $G_i$ ) selektiert.

6. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Selektor (15) einen Gewichtungskoeffizientensatz ( $G_i$ ) in Abhängigkeit von einer erwarteten Störsignalenergie selektiert.

7. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Selektor 15 einen Gewichtungskoeffizientensatz ( $G_i$ )  
in Abhängigkeit von einem gemittelten Frequenz-Offset zwi-  
schen dem Maximum des Störsignalspektrums und dem nächstgele-  
genen Trägersignal des Mehrträgersignals  
selektiert.

8. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Mehrträgersignal durch eine Berechnungsschaltung (5)  
in die Trägersignale zerlegt wird.

9. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Berechnungsschaltung (5) eine Fast Fourier-Transfor-  
mationsschaltung ist.

10. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die durch die Berechnungsschaltung (5) zerlegten Träger-  
signale in einem Zwischenspeicher (24) zwischengespeichert  
werden.

11. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die erwartete Störsignalenergie extern einstellbar ist.

12. Gewichtungsschaltung nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die erwartete Störsignalenergie durch eine Schätzeinheit  
(25) basierend auf dem empfangenen Mehrträgersignal berechnet  
wird.

FIG 1

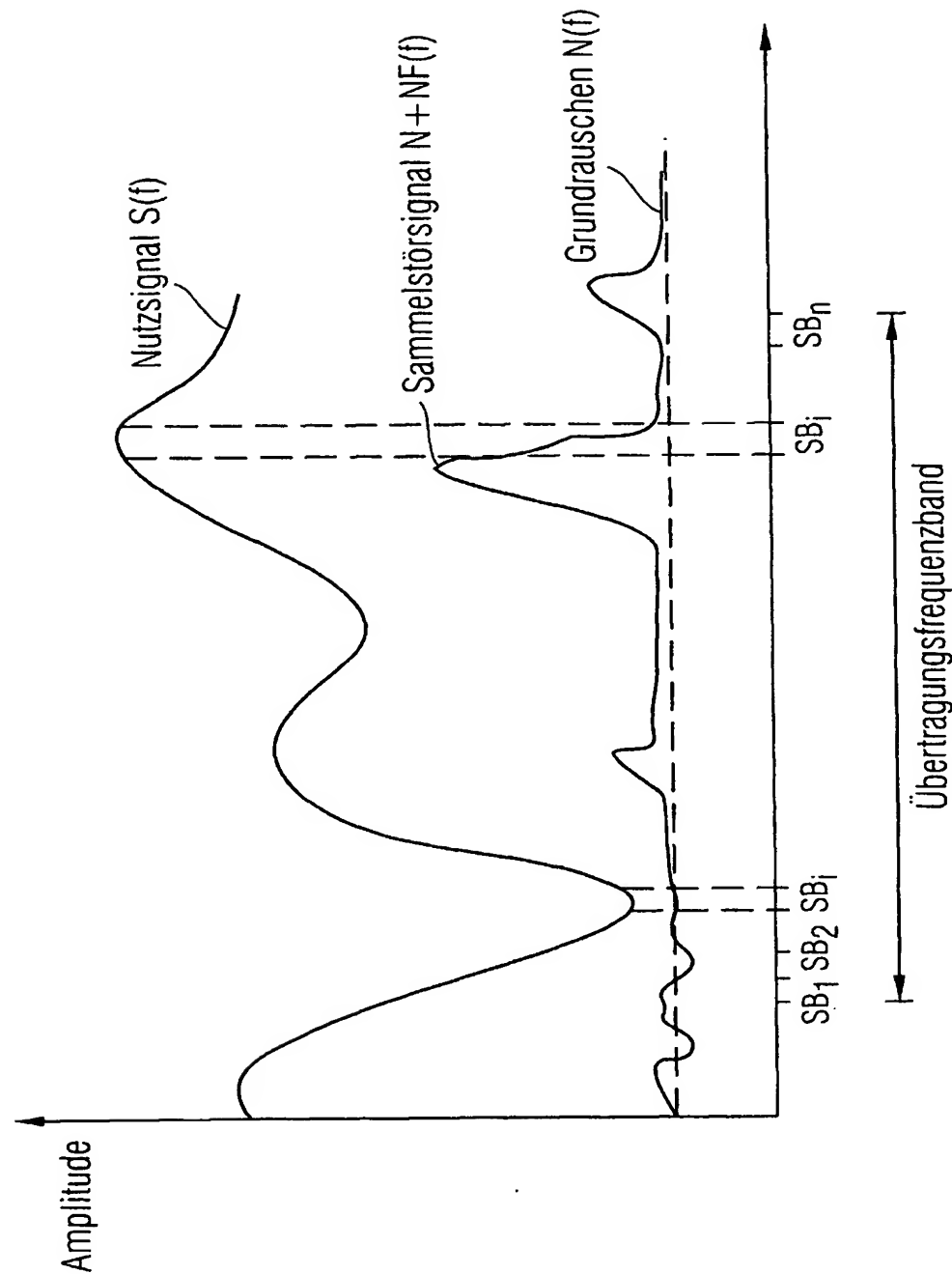


FIG 2  
Stand der Technik

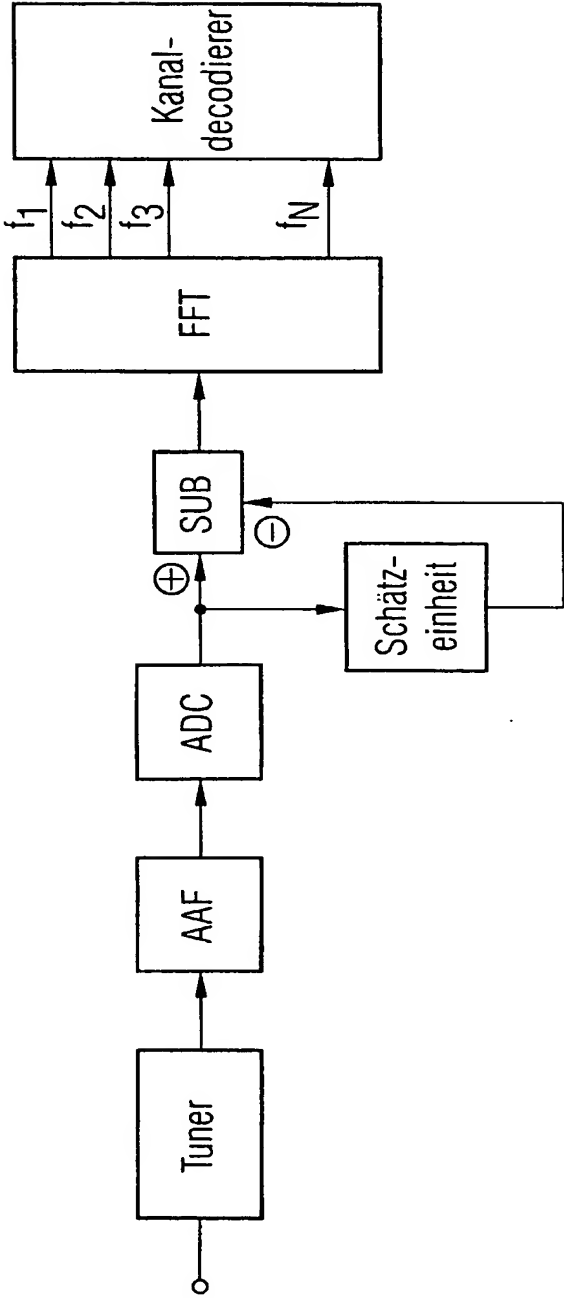
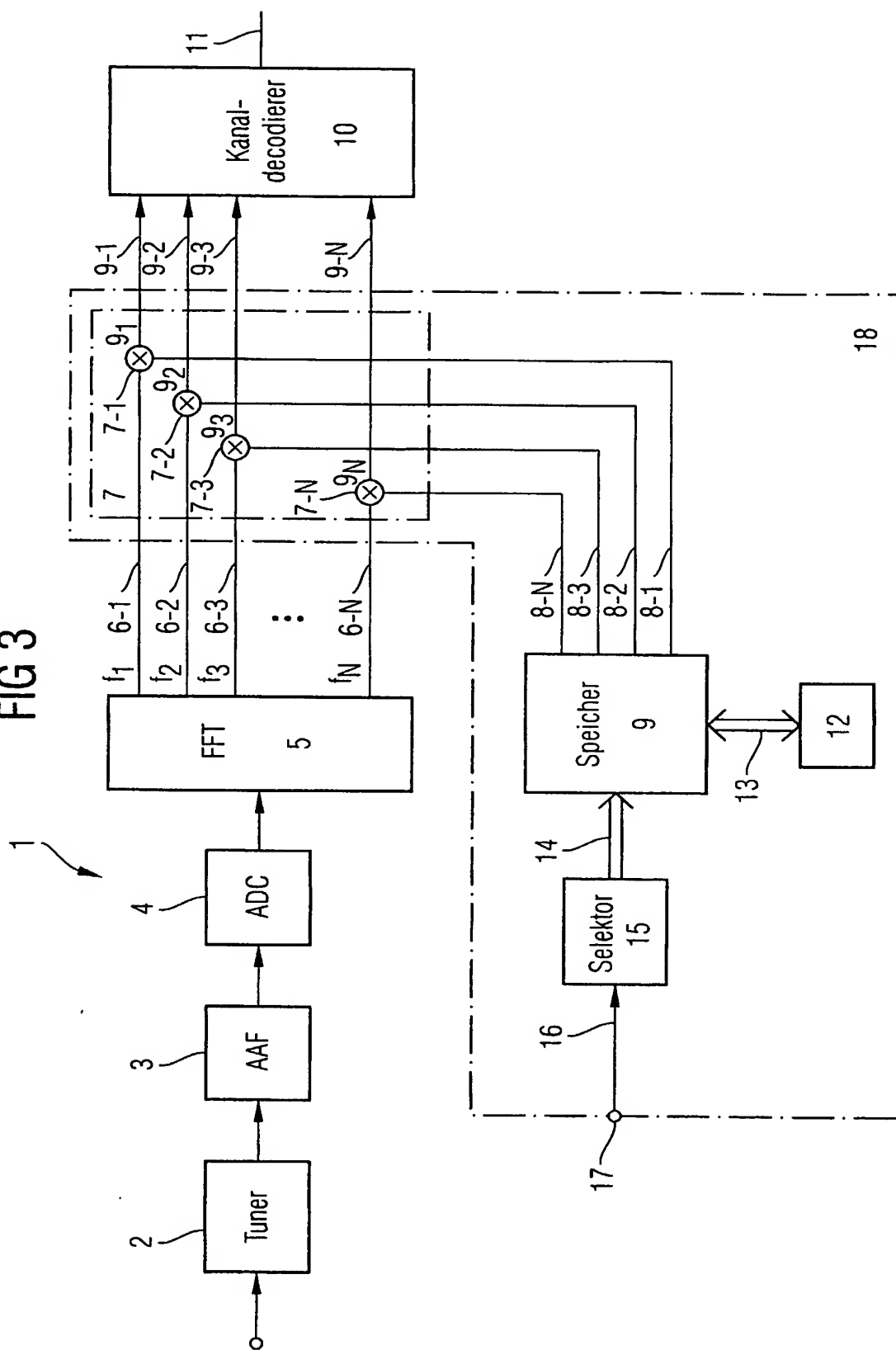


FIG 3



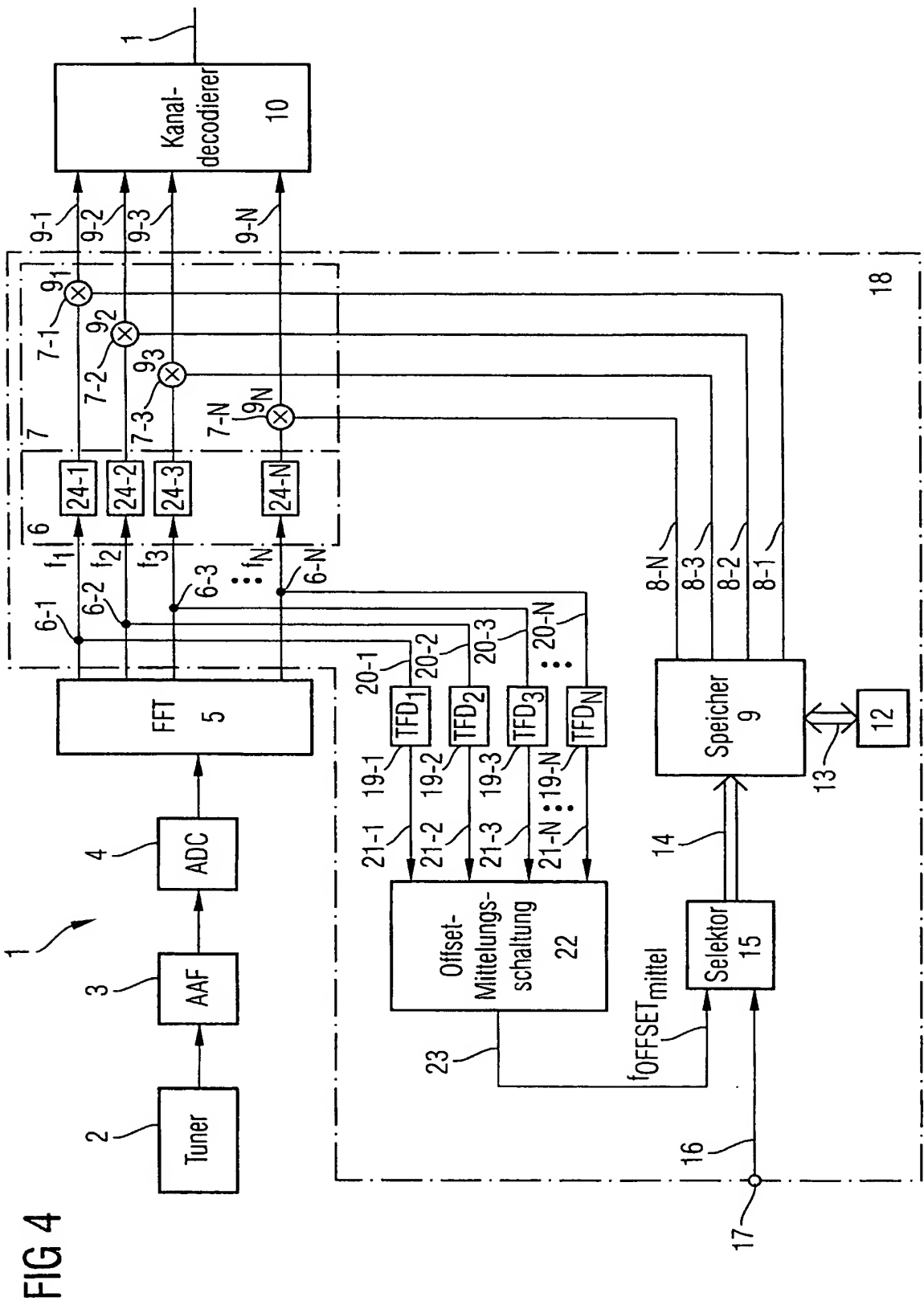
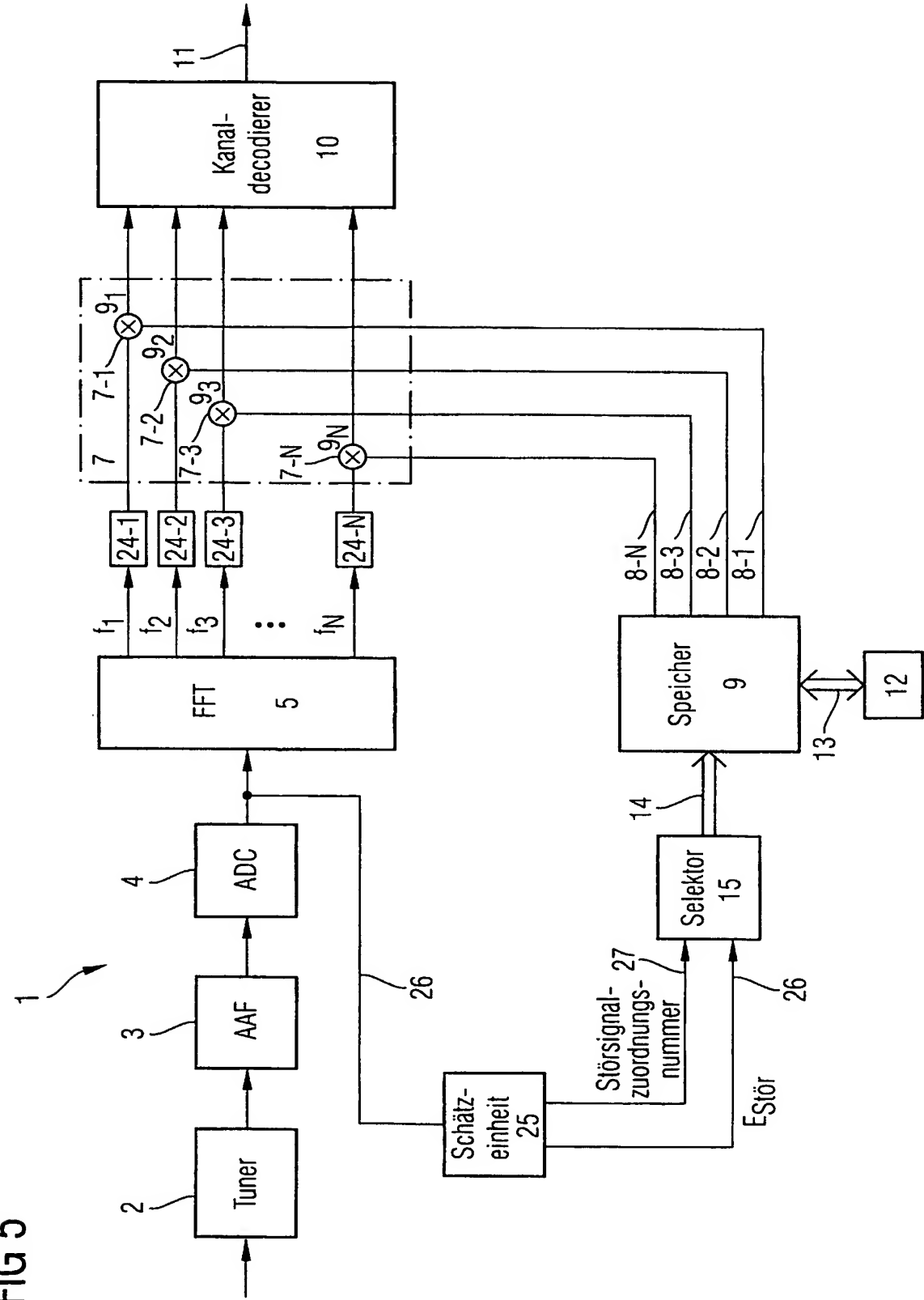


FIG 5



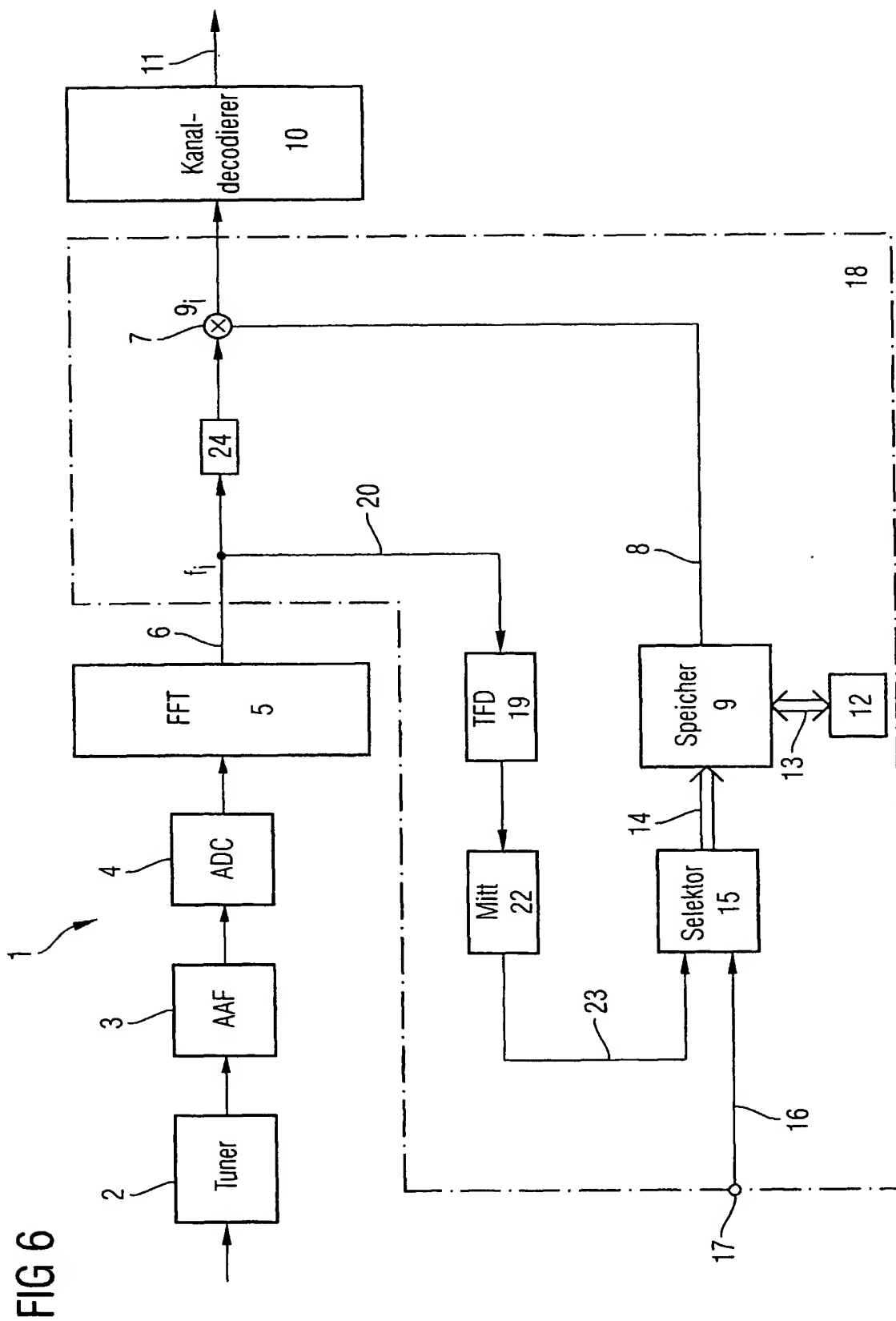




FIG 7

$G_1$	$G_2$	$G_M$
$g_{11}$	$g_{21}$	$g_{M1}$
$g_{12}$	$g_{22}$	$g_{M2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$g_{1N}$	$g_{2N}$	$g_{MN}$

FIG 8

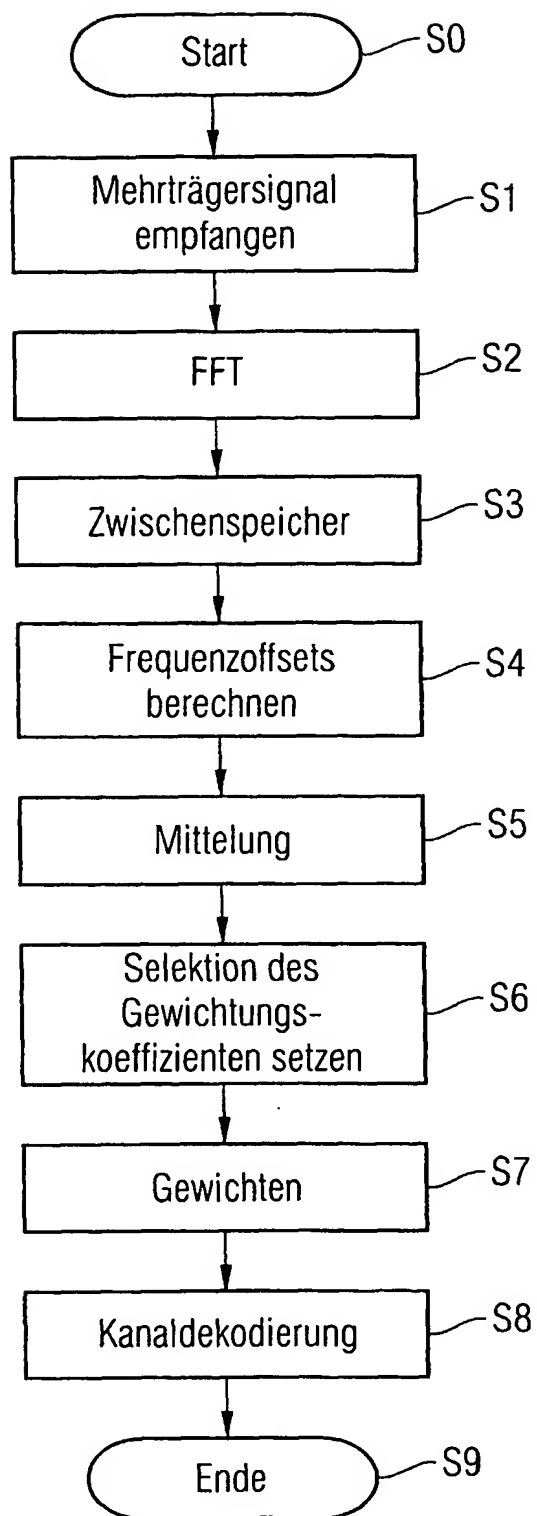


FIG 9A

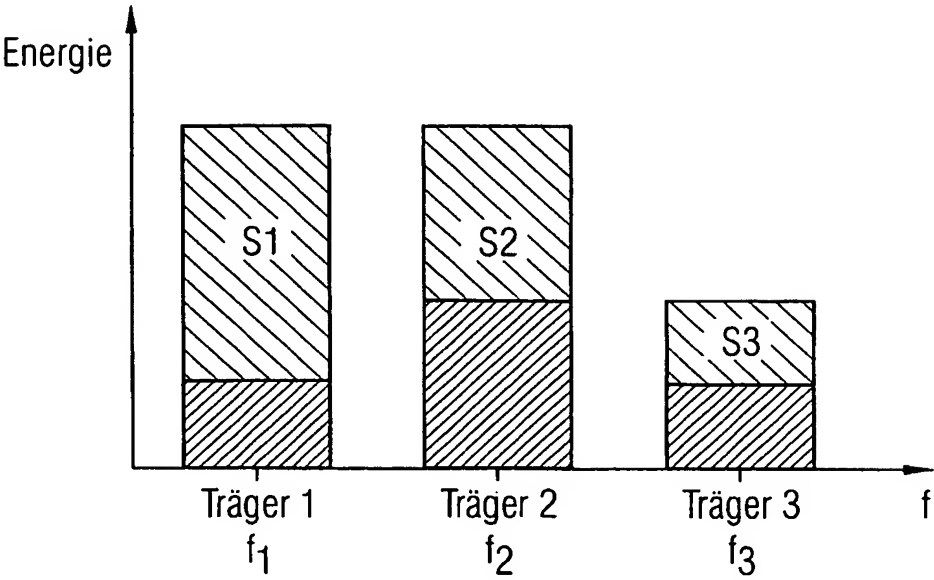


FIG 9B

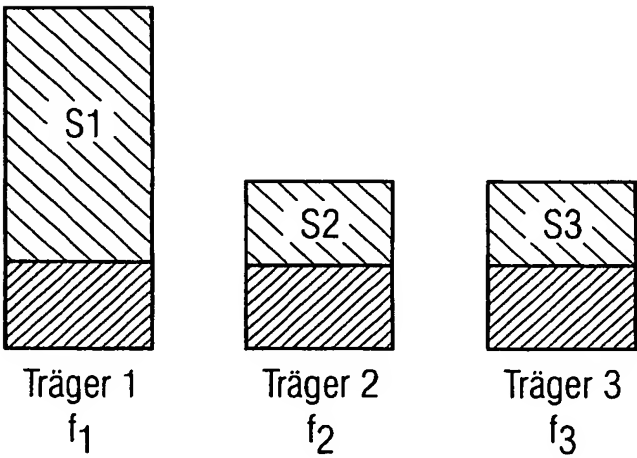
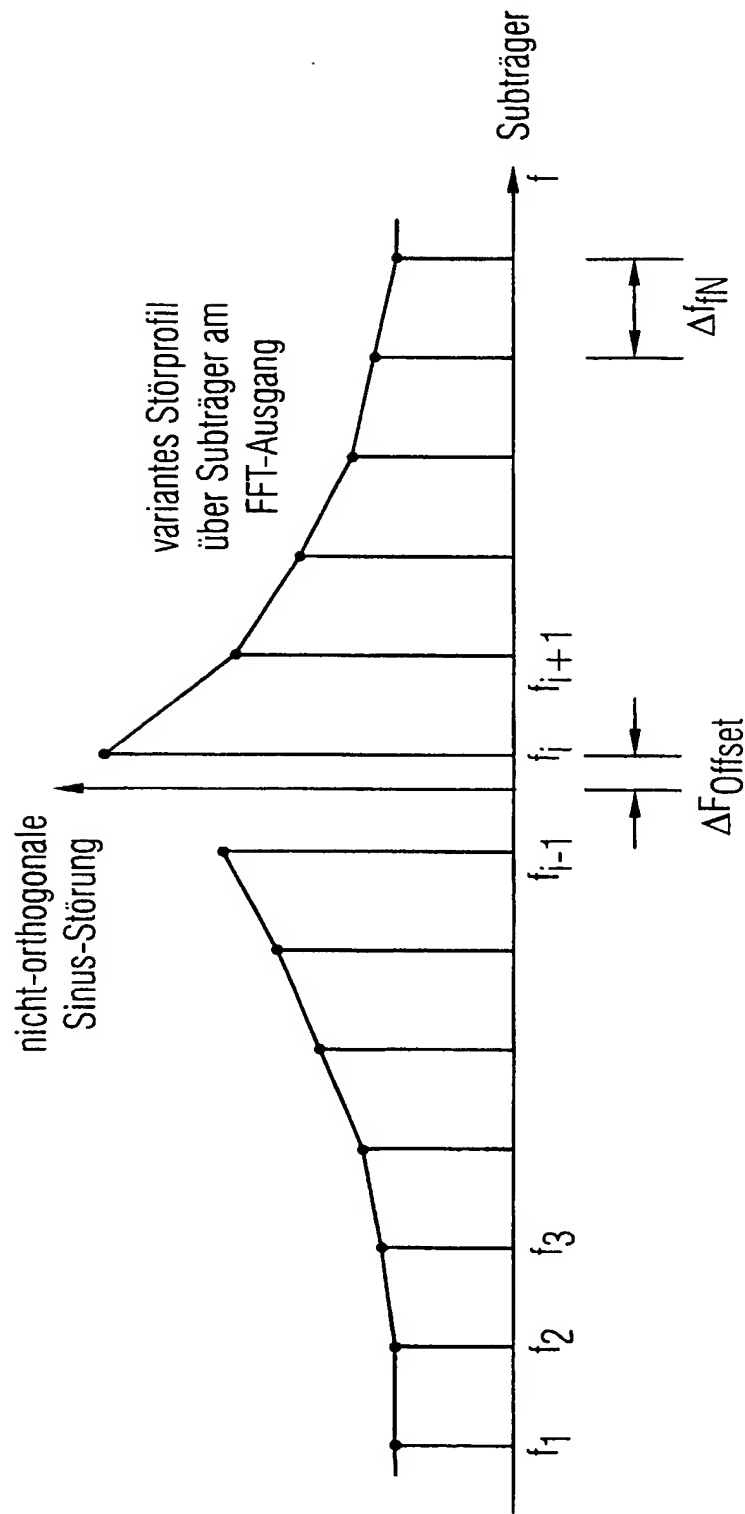


FIG 10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008277

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/128751 A1 (VANDENAMEELE-LEPLA PATRICK) 10 July 2003 (2003-07-10) paragraph '0013!	1-12
X	US 6 317 470 B1 (KROEGER BRIAN WILLIAM ET AL) 13 November 2001 (2001-11-13) column 1, line 55 - line 67 column 6, line 6 - line 35	1-12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 December 2004

Date of mailing of the international search report

13/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Orozco Roura, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008277

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003128751	A1	10-07-2003	NONE
US 6317470	B1	13-11-2001	AU 6243399 A 03-04-2000
		WO 0016528 A1 23-03-2000	
		US 2002037057 A1 28-03-2002	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/008277A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/128751 A1 (VANDENAMEELE-LEPLA PATRICK) 10. Juli 2003 (2003-07-10) Absatz '0013!	1-12
X	US 6 317 470 B1 (KROEGER BRIAN WILLIAM ET AL) 13. November 2001 (2001-11-13) Spalte 1, Zeile 55 - Zeile 67 Spalte 6, Zeile 6 - Zeile 35	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Dezember 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

13/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Orozco Roura, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008277

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
--	-------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------

US 2003128751 A1 10-07-2003 KEINE

---

US 6317470	B1	13-11-2001	AU	6243399 A	03-04-2000
			WO	0016528 A1	23-03-2000
			US	2002037057 A1	28-03-2002

---



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**